

海外学術調査「カンボジアのアンコール遺跡区域における環境破壊・ 環境汚染の現状と影響評価（略称：ERDAC）」について

研究代表者 塚 脇 真 二

金沢大学環日本海域環境研究センター 准教授

1. 設立の背景と目的

海外学術調査「カンボジアのアンコール遺跡区域における環境破壊・環境汚染の現状と影響評価（Environment Research Development in Angkor, Cambodia, 略称：ERDAC）」は、その名称のとおりカンボジアのアンコール遺跡区域の環境汚染や環境破壊の現状を正確に把握し、その影響を定量的に評価したうえでこれらを軽減あるいは撲滅する基礎資料を作成することを目的に設立された。研究組織などは後述のとおりである。

環境汚染問題の深刻化は発展途上国には普遍的に存在する現象といえる。しかし、長期間にわたって内戦あるいは半鎖国の状態にあったカンボジアでは、環境汚染が政府や一般市民の理解のないまま短期間のうちに深刻化していったという特殊性がうかがえる。1993年の国民総選挙の成功でカンボジアはようやく安定した。それと同時に同国が有する鉱産物や木材などの天然資源の開発、そして内戦で破壊されたインフラの再整備を目的とした外国資本の怒濤の流入が始まった。一方、アンコール遺跡観光に同国を訪れる外国人観光客の数は1994年以降年々増加しており、それにともなって同国の観光産業は計画性のないまま急激な成長を遂げている。このような長年にわたる内戦と国際社会からの孤立、その後の急激な社会の発展や人口の増加、そしてそれにともなう乱開発によって環境汚染や自然破壊などの問題が同国各地でいっきに噴出してきた。

アンコール遺跡観光の基地であるシェムリアプ市、なかでもアンコール遺跡区域内やその周辺でこのような環境汚染や自然破壊の進行が顕著である。大型ホテルや大規模レストランなどが急増しつづける観光客数に対応して次々と建設され、それとともに道路の新設・拡張工事やシェムリアプ川の護岸工事などのインフラ整備が進められている。その一方、無秩序で際限のない開発行爲のため同州がかつて誇っていた豊かな森林は減少の一步をたどっている。林立するホテルやレストランなどからの汚水による河川水の汚染や遺跡を訪れる車輛などからの排気ガスによる大気汚染にも深刻なものがある。

このような環境汚染や自然破壊を放置することは、カンボジアの財政を支えるアンコール遺跡群の観光資源としての根幹にかかわる重大な事態であり、河川水や大気汚染は遺跡区域内や同州に暮らす住民の健康問題はもちろんのこと、遺跡そのものの損壊にもつながりうる憂慮すべき問題である。さらにシェムリアプ川の汚染や森林の減少による流出土砂の増大は、ユネスコの生物圏保護区（Biosphere Reserves）に指定されるほどの生物多様性を誇るトンレサップ湖やメコン河の生態系の破壊にも直結しかねない。年間200万人を突破する勢いの観光客の増加やそれにともなう開発によって発生するさらなる自然破壊や環境汚染を考えると、この問題は緊急に解決すべきものといえる。しかし、このような状況にありながら、アンコール遺跡区域全域にわたって森林・水・大気といった住民や遺跡をとりまくすべての自然を対象とする調査研究はこれまで存在しなかった。環境汚染の調査についても、アンコール遺跡整備機構水資源部門やEMS（後述）などの不定期で予察的な調査結果があるのみであった。

研究代表者の塚脇を中心とする研究グループは、カンボジアの自然環境の核ともいうべきトンレサップ湖を対象にこれまでの2度の海外学術調査を成功させてきた。1992年以來の予察的研究をふまえ、1996年から2002年にかけて実施した「カンボジアのトンレサップ湖における環境変遷史（略称：Tonle Sap 96 & Tonle Sap 21）、後援：日本証券奨学財団・科学研究費補助金」では、トンレサップ湖の成立から現在にいたるまでの環境変遷史を明らかにするとともにこの湖の将来変化の予測に成功した。これを受けた調査「カンボジアのトンレサップ湖における生物多様性維持機構の評価（略称：EMSB & EMSB-u32）、後援：科学研究費補助金・UNESCO-MAB/IHP Japan Fund-in-trust」では、同湖の学術上の希少性ならびに社会的な重要性の根幹ともいうべき淡水生物多様性の維持機構を、動物学、植物動態学、水文学、そして地質・地形学の四分野にわたって包括的に評価することができた。これらの成果は同湖ならびにその周辺地域における今後の調査研究の基礎となることはもちろんのこと、これらの地域における環境保全や開発、教育啓蒙活動などのさまざまな分野に活用されるものといえる。

そこで、トンレサップ湖におけるこれまでの調査研究の成果を適用しつつ、アンコール遺跡区域で喫緊の事態となりつつある環境汚染や環境破壊の現状を理解するとともにそれらへの対応策の検討を目的に、海外学術調査チーム「ERDAC」は代表者の塚脇を中心に日本の大学や研究機関に所属する研究者によって2006年3月に設立された。その後、2006年6月にアンコール遺跡整備機構（以後：APSARA）とチームとの間に調査研究協力協定が締結され、同機構水・森林部門（現水環境部門：代表者 Hang Peou）との密接な連携のもとに大気・水・森林の3分野における調査を開始するとともに、ERDACは日本側（研究者チーム）とカンボジア側（APSARA職員）との合同調査チームとなった。さらに、2007年からは科学研究費補助金の支援によってその調査範囲や調査項目などをさらに拡大し、活動を継続しているEMSBと連携しながら現在に至っている。

2. 研究組織

2-1. 環境汚染・環境破壊評価チーム（ERDAC）

ERDACは大気環境分野、水環境分野、および森林環境分野の3分野に分かれ、水環境分野はさらに水文環境分野、水界生物環境分野、そして河川・地盤環境分野の3つに分かれて調査研究体制をとる。それぞれの分野へ常時参加する日本側研究者は以下のとおりである。なお、実際の調査にあたっては以下に加えて学生や大学院生などが多数参加している。

○研究代表者

塚脇真二（金沢大学環日本海域環境研究センター・准教授）

○大気環境分野

古内正美（金沢大学理工学研究域・教授）：大気環境工学

奥村康昭（大阪電気通信大学工学部・教授）：水文学・観測機器学

○水環境分野（水文環境、水界生物環境、河川・地盤環境）

石川俊之（滋賀県琵琶湖研究所・研究員）：淡水生態学

大八木英夫（日本大学文理学部・助手）：淡水水文学

竹林洋史（京都大学防災研究所・准教授）：河川工学

高原利幸（金沢大学理工学研究域・助教）：地盤工学・土質力学

山上尚幸（金沢大学工学部・技官）：地盤工学・土質力学

本村浩之（鹿児島大学総合研究博物館・准教授）：魚類分類学
酒寄淳史（金沢大学教育学部・教授）：岩石学・理科教育

○森林環境分野

平吹喜彦（東北学院大学教養学部・教授）：植物動態学
富田瑞樹（東京情報大学環境学部・講師）：森林生態学
荒木祐二（東京大学アジア生物資源環境センター・特任研究員）：植物動態学
石沢公明（宮城教育大学教育学部・教授）：植物生理学

2-2. トンレサップ湖生物多様性調査チーム (EMS B & EMS B-u32)

2006年3月をもって総合調査は終了したものの、トンレサップ湖生物多様性維持機構調査チーム (EMS B) も ERDAC と連携しながら個々の分野での調査研究を継続している。EMS B は以下の研究分野と研究者から構成される。EMS B の現地対応機関は産業省資源総局 (General Department of Mineral Resources, Ministry of Industry, Mines and Energy) ならびに水資源気象省水文河川局 (Department of Water and Riverworks, Ministry of Water Resources and Meteorology) , および APSARA である。なお、EMS B-u32 とは UNESCO の Fund-in-trust による若手研究者チームだが、2006年3月をもって EMS B に吸収された。

○研究代表者

塚脇真二（金沢大学環日本海域環境研究センター・准教授）

○湖底地質/湖底地形分野

塚脇真二（金沢大学環日本海域環境研究センター・准教授）：海洋地質学
陰地章仁（（株）アーキジオ・研究員）：地域地質学

○水文分野

遠藤修一（滋賀大学教育学部・教授）：湖沼水文学
奥村康昭（大阪電気通信大学工学部・教授）：湖沼水文学・気象学
大八木英夫（日本大学文理学部・助手）：湖沼水文学

○植物動態分野

平吹喜彦（東北学院大学教養学部・教授）：植物動態学
荒木祐二（東京大学アジア生物資源環境センター・特任研究員）：植物動態学
鈴木邦雄（横浜国立大学・学長）：植物動態学
富田瑞樹（東京情報大学環境科学部・講師）：森林生態学

○動物生態分野

大高明史（弘前大学教育学部・教授）：淡水動物学
片倉晴雄（北海道大学大学院理学研究科・教授）：昆虫生態学
成田哲也（元京都大学生態研究センター）：淡水生態学
石川俊之（琵琶湖研究所・研究員）：淡水生態学
本村浩之（鹿児島大学総合研究博物館・准教授）：魚類分類学

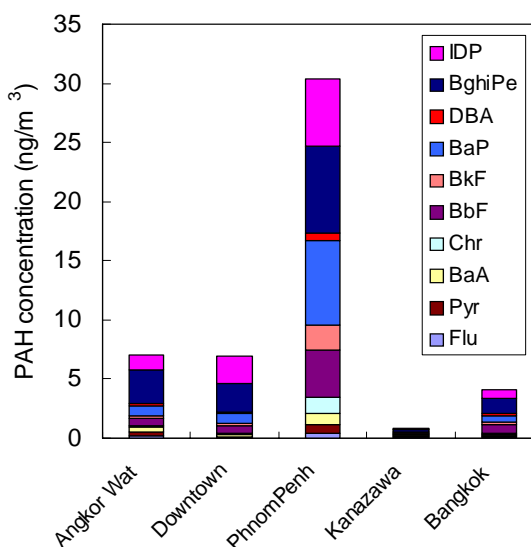
3. これまでの成果

2006年から2008年にかけて、ERDACとしての総合調査を6回実施し、個別の分野における調査を総合調査の合間に必要に応じて実施してきた。また、気象や大気環境の観測は

APSARAによってこの期間をとおして継続されている。これらの調査で得られた研究成果については、中途報告ながらもシェムリアップで開催されたICC会議（Co-ordinating Committee for the Safeguarding and Development of the Historic Site of Angkor）の技術委員会などで公表してきた。個々の分野での調査内容とこれまでに得られた成果の概要は以下のとおりである。

3-1. 大気環境分野

大気環境の基礎情報の収集を目的に、シェムリアップ市内の2カ所とクーレン山、およびプノンペン市内の各1カ所に気象装置を設置し連続観測を行っている。また、シェムリアップ市内、アンコールワット、アンコールトムの南大門、プノン・クロムなどで大気汚染物質や浮遊微細粒子の採集を定期的に行っている。大気環境/汚染物質の季節的変化や観光客数の増減との関連性などを調べている（右図）。これに加えてシェムリアップ市内での日中/夜間温度分布や汚染源の特定などの調査も行っている。

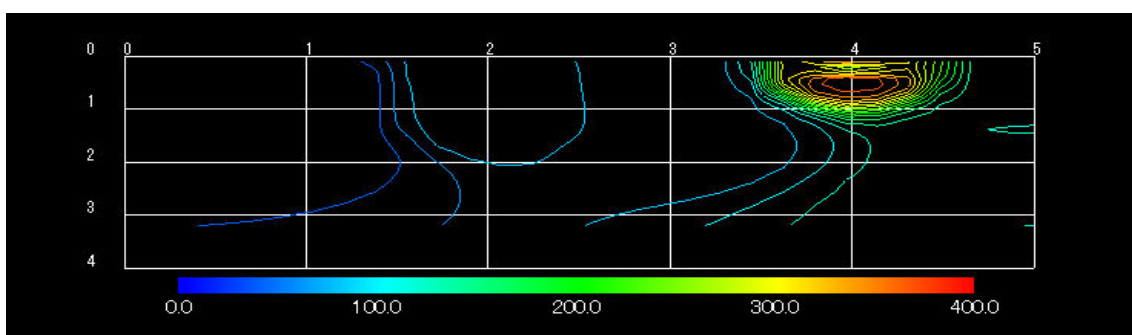


カンボジアにおける大気汚染の現状 (2006年)

3-2. 水環境分野

3-2-1. 水文環境分野

アンコール遺跡区域における水環境の基礎情報の収集を目的に、シェムリアップ川やロリュオス川などの遺跡区域における主要河川や、アンコールワットの環壕、スラスランや西バライなどの貯水池における水質調査を継続している（下図）。



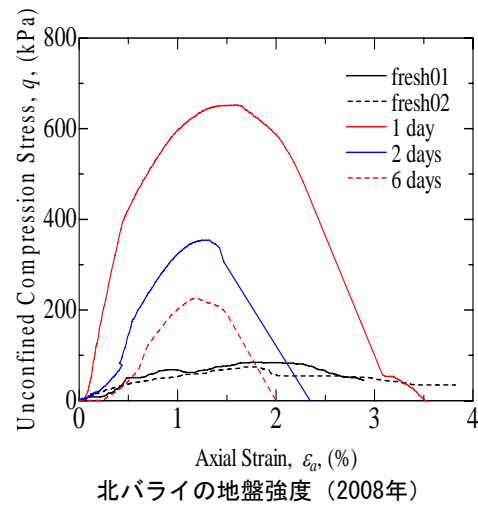
シェムリアップ川における濁度の変化 (2007年)

3-2-2. 水界生物環境分野

環境汚染/破壊という視点から水界生態系の頂点にたつ魚類に着目し、アンコール遺跡区域における静水域であるアンコールワットの環壕やスラスラン貯水池において魚類の採集とその分類を行っている。

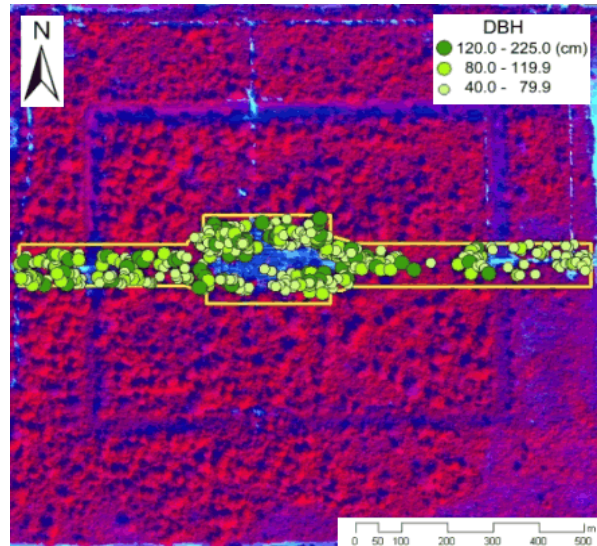
3-2-3. 河川・地盤環境分野

アンコール遺跡区域における水環境の維持保全，さらには改善を目的に，河川分野は河道の蛇行やそれともなう河岸の浸食が著しいシムリアプ川・ロリュオス川について，河道横断面/縦断面の現地測量や河床材料の分析などにもとづき，数値シミュレーションによりその将来変動予測を行っている．一方，地盤分野は遺跡区域内の数カ所で地盤強度や透水性などの測定をカンボジア工科大学（Institute of Technology, Cambodia）との共同研究として実施している（右図）．



3-3. 森林環境分野

アンコール遺跡区域内の森林の復興と地域住民主導の維持管理体制の確立を目的に，北バライに隣接するプラ・カーン遺跡をモデル地域に設定し，植生概況の把握，植物群集の種構成や構造，現存量や生産量の見積もり，それらの遷移機構の評価へ向けての基礎調査を実施している（右図）．これに加えて遺跡周辺住民への聞き取り調査を行い住民の森林利用形態の把握につとめている．そして，この地域での植物生態の遷移機構を評価し，区域内住民の季節に応じた森林利用形態を考慮したうえで，森林再生計画推進にもっとも適切と考えられる植生モデルならびに森林利用モデルを作成している．

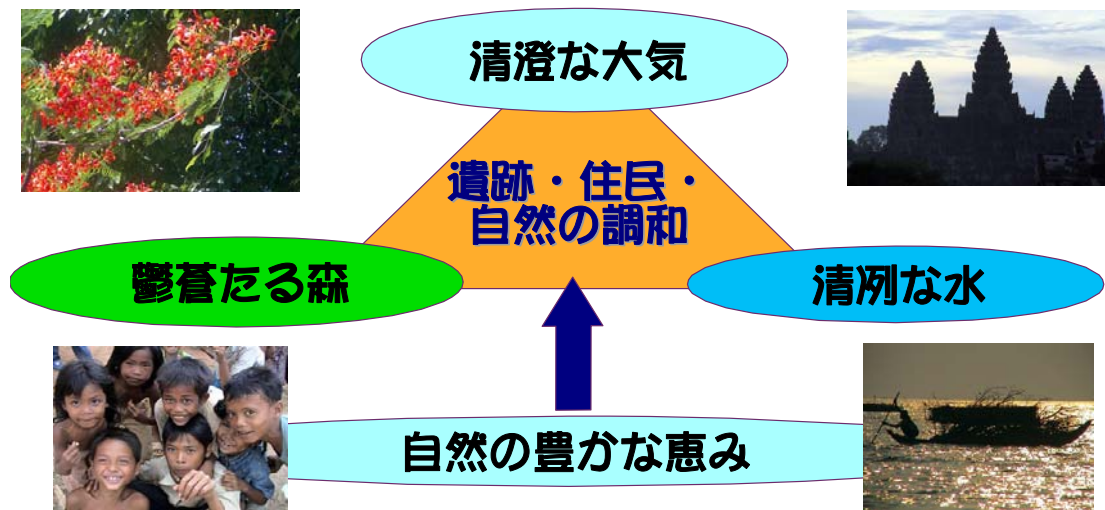


4. 今後の計画

2006年に開始されたERDACも2008年度末で予定の3年が終わろうとしている．そこで，アンコール遺跡区域の環境破壊・環境汚染の現状評価について，これまでの調査研究の成果をカンボジアに還元することを目的として2009年3月17日にシムリアプにて国際シンポジウムを，また，同年3月18日にプノンペンにおいて成果報告会を開催する予定である．また，これまでの成果をさらに拡大発展させ，APSARAとのより密接な連携のもとに遺跡区域の自然環境の具体的な改善をめざす研究計画「ERDAC Phase II」の実施についての検討を重ねている．

清冽な水が流れる川辺にはさまざまな水辺空間と多様な生態系が守られ，鬱蒼たる森林

と清澄な大気とに包みこまれた遺跡を観光客が訪れる。そして、そこには地域住民の健康的で安全な生活が常に保障されている。アンコール遺跡区域をこのような理想的な生活ならびに観光のための空間へ導くため、カンボジアの関連省庁や行政・研究機関、閣僚評議会、さらにはユネスコなどの国際機関へ、同国の環境政策に向けての基礎資料の提出と環境保全へむけての具体的な提案とをERDACの最終目標とする。



2009年2月10日
塚脇真二